

лежить внутрікристалічний крихкий злом по кристалічних площинах ковзання, дрібнокристалічний злом по границях зерен карбідної фази та зв'язки. Збільшення розмірів зерен і вмісту кобальту в твердих сплавах призведе до розширення проміжних шарів між зернами карбідної фази і, значить, підвищену інтенсивність в'язкого злому.

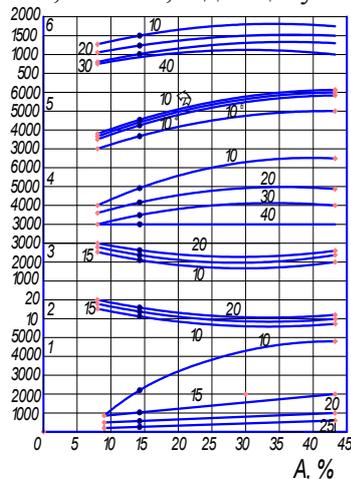


Рис. 3. Результати досліджень: опис в тексті

Список літератури

- ГОСТ 5639 – 82. Стали и сплавы. Методы выявления и определения величины зерна. – 20 с.
- Судзуки К., Фудзиморн Х., Хашлото К. Аморфные металлы. – Пер. с японского. – М.: Металлургия, 1087. – 328 с.
- Кошкин Н.И., Ширкевич М.П. – Справ очник по элементарной физике. – Узд. седьмое стереотипное. – М.: Наука. – 1976. – 255 с.
- Н. А. Davies: *Rapirlli 1 Quenched Metals III*. Vol. (edited by D/ Cantor. The Metals Societij, London, 1978) P.1.
- Бережной Н.Н., Сокур Н.И. К вопросу распределения энергии в шаровых барабанных мельницах между измельчаемыми материалами. – Горный журнал, 1991. - № 1. – с.45 – 48.
- Теорія будови рідкого, аморфного і кристалічного стану. – М.М.Бережний, З.З.Пастушенко, В.П. Соколова, В.А.Чубенко. – (Монографія). – Кривий Ріг: Мінерал. – 221 с.
- Sandvik in Austria Ges. m. b. H-Hard Materials.-Firmenbuchnummer FN 76857 a Handelsgericht Wien.
- Кухлинг Х. – Справочник по физике. – Пер. с немец. – 2 – е узд. – М.: Мир. – 1989. – 520 с.

Рукопис подано до редакції 22.03.13

УДК 621.3: 621.313.1

В.З. СВАНИДЗЕ, магистр, В.Г. ФАЙНШТЕЙН, канд. техн. наук, ГВУЗ „Криворозький національний університет”

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ДВИГАТЕЛЯ ПО МОЩНОСТИ

В работе рассмотрены вопросы экономически целесообразной замены электродвигателей с целью уменьшения потерь электроэнергии, выбора электродвигателя из числа соответствующих по мощности, но отличающихся по цене и потерям электроэнергии (КПД), целесообразность выполнять традиционную рекомендацию - выбирать электродвигатель равный или ближайший больший по номинальной мощности, чем по расчету. Отмеченные задачи рассматриваются составляющими инвестиционного проекта для малой реконструкции предприятия, где показателем эффективности инвестиционного проекта является накопленный дисконтированный эффект за расчетный период.

Ключевые слова: электродвигатель, потери мощности, КПД, инвестиционный проект.

У роботі розглянуто питання економічно доцільної заміни електродвигуна з метою зменшення втрат електроенергії, вибору електродвигуна з числа відповідних по потужності, але що відрізняються за ціною і втратами електроенергії (ККД), доцільність виконувати традиційну рекомендацію - вибрати електродвигун рівний або найближчий більший за номінальної потужності, ніж за розрахунком. Зазначені завдання розглядаються складовими інвестиційного проекту для малої реконструкції підприємства, де показником ефективності інвестиційного проекту є накопичений дисконтований ефект за розрахунковий період.

Questions of economically expedient replacement of electric motors for the purpose of reduction of losses of the electric power are considered in this work, electric motor choice from among corre-

sponding on power, but differing at the price and losses of the electric power (efficiency), expediency to implement the traditional recommendation — to choose the electric motor equal or the next bigger on rated power, than by calculation. Noted tasks are considered by components of the investment project for small reconstruction of the enterprise where an indicator of efficiency of the investment project is the saved-up discounted effect for the settlement period.

Практические рекомендации по выбору электродвигателя для привода рабочего органа механизма сложились в 50-60 годах прошлого столетия, когда стоимость электроэнергии в общей сумме затрат на производство продукции составляло очень малую величину. В настоящее время при росте цены на электроэнергию значительно выросли и затраты на покупку электроэнергии для производства продукции, что ощутимо влияет на прибыль производителя. На рынке электродвигателей появились двигатели разных фирм, которые различаются ценой и техническими характеристиками.

Перечисленные обстоятельства требуют в настоящее время пересмотра некоторых аспектов, связанных с выбором и заменой электродвигателя для привода механизмов. В частности, рассмотрены следующие вопросы:

экономически целесообразная замена электродвигателей для уменьшения потерь электроэнергии;

выбор электродвигателя из числа соответствующих по мощности, но отличающихся по цене и потерям электроэнергии;

целесообразность во всех случаях выполнять традиционную рекомендацию - выбирать электродвигатель ближайший больший по номинальной мощности, чем требуется;

Будем рассматривать поставленные задачи как составляющую инвестиционного проекта для малой реконструкции предприятия [1]. Важнейшим показателем эффективности инвестиционного проекта является чистый дисконтированный доход (NPV) - накопленный дисконтированный эффект за расчетный период [2]. Величина NPV ниже вычисляется по формуле

$$NPV = \Pi_o \sum_{k=1}^n \frac{1}{(1+E)^k} - In_o = \Pi_o d \frac{d^n - 1}{d - 1} - In_o, \quad (1)$$

где Π_o - приток денежных средств, постоянный на каждом шаге; In_o - начальная инвестиция денежных средств; E - норма дисконта; $d = 1/(1+E)$ коэффициент дисконтирования.

Положительное значение NPV показывает, что за расчетный период дисконтированные денежные поступления превысят дисконтированную сумму капитальных вложений и тем самым обеспечат увеличение ценности фирмы;

На сегодня в эксплуатации находится значительное количество электродвигателей выпущенных по стандартам 70-х и ранее годов. Потери таких двигателей увеличенные по сравнению с современными электродвигателями, поэтому в настоящее время актуальным является вопрос замены электродвигателя для снижения потерь электроэнергии. Экономическую целесообразность определим значением NPV. Приток денежных средств в данном случае определяется уменьшением платежей за электроэнергию и налога на прибыль за счет увеличения амортизационных отчислений. Откуда, если длительность шага в (1) равным одному году, то

$$\Pi_o = \frac{P_{2s} (\eta_n - \eta_y) CeT}{\eta_n \eta_y} + \frac{C_{кВт} P_n K_{np}}{Nd}, \quad In_o = C_{кВт} P_n, \quad (2)$$

где P_{2s} - значение фактической мощности на валу электродвигателя усредненное за выбранное время η_n - расчетное значение КПД нового электродвигателя при мощности на валу равной P_{2s} ; η_y - расчетное значение КПД работающего электродвигателя для тех же условий; P_n - номинальная мощность нового электродвигателя; C_e - стоимость одного кВт/ч электроэнергии; $C_{кВт}$ - стоимость кВт нового электродвигателя (при необходимости с учетом затрат на монтаж, замену преобразовательного агрегата и т.п.); T - длительность работы агрегата за шаг дисконтирования, ч; K_{np} - ставка налога на прибыль; Nd - срок службы электродвигателя по стандарту (ТУ), приведенный к одному шагу.

Принято, что ликвидационная стоимость электродвигателя равна нулю. Подставив значения Π_o и In_o , вычисленные по (2) в (1) получим значения NPV для оценки целесообразности замены электродвигателя.

Обозначив $Kz = \frac{P_{2s} (\eta_n - \eta_y) CeT}{P_n \eta_n \eta_y C_{кВт}}$, уравнение для определения номера шага n , когда замена электродвигателя начнет приносить прибыль, принимает вид

$$Kzd \frac{d^n - 1}{d - 1} \frac{1}{1 - K_{np} / Nd} \geq 1. \quad (3)$$

Например, примем, что для электродвигателей постоянного тока фирмы SIMENS $P_n = P_{2s} = 1000$ кВт и КПД двигателей равны паспортным значениям: 0,95 у нового электродвигателя и 0,9 - старого.

Выбрав в качестве интервала один год, $T=6000$ ч, при средней стоимости электроэнергии для потребителей первого класса $Ce=0.7432$ грн/кВт-час, стоимости 1 кВт электродвигателя $C_{кВт}=1200$ грн, ставке дисконта $E=0,05$, сроке службы электродвигателя $Nd=25$, ставке налога на прибыль $K_{np}=0,25$ на рис. 1 построен график изменения NPV по годам. Из графика можно сделать вывод, что замена электродвигателя на более экономичный начнет приносить прибыль после шести лет эксплуатации.

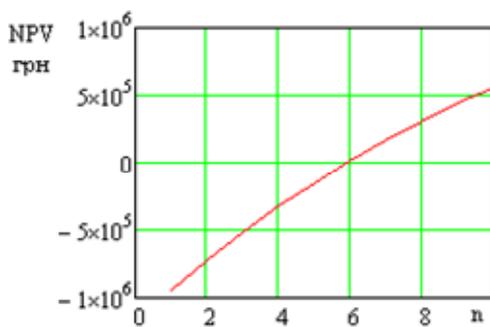


Рис. 1. Величина NPV по годам для данных примера

В распоряжении проектировщика электропривода имеются электродвигатели различных производителей примерно одинаковой мощности, способа крепления и условий эксплуатации, но отличающихся между собой по номинальным потерям, стоимости и весогабаритным показателям. Как правило, с увеличением КПД электродвигателя увеличивается его стоимость, вес и габариты. Если вес и габариты не являются определяющими, то целесообразно провести сравнение электродвигателей по

потерям энергии и стоимости на основании определения по (1) NPV.

При этом

$$P_o = \frac{P_{2s} (\eta_1 - \eta_2) CeT}{\eta_1 \eta_2} + \frac{(C_1 - C_2) K_{np}}{Nd}, \quad (4)$$

$$In_o = C_1 - C_2,$$

где $C_1(C_2)$ - цена электродвигателей; $\eta_1(\eta_2)$ - КПД двигателей при мощности P_{2s} .

В соответствии с принятой ранее идеологией выбора электродвигателя по мощности основным условием определяющим ограничение на мощность выбираемого электродвигателя было условие $\Delta P_{cp} \leq \Delta P_n$. Из-за дискретности номинальной мощности двигателей каждого типа рекомендуется выбирать ближайший больший по мощности, что нередко приводит к увеличению потерь электроэнергии. С другой стороны выбор электродвигателя меньшего по мощности приводит к сокращению его срока службы и соответственно к увеличению капитальных и эксплуатационных затрат в течении срока службы технологического оборудования. Рассмотрим вопрос о условиях целесообразности сокращения срока службы электродвигателя за счет экономии электроэнергии. Потери мощности при работе без ослабления потокосцепления в зависимости от потребляемой мощности P для двигателей, можно определить из выражения

$$\Delta P = \frac{P_n(1-\eta_n)}{(1+\alpha)\eta_n} \left[\left(\frac{P}{P_n} \right)^2 + \alpha \right], \quad (5)$$

где α - отношение постоянных потерь мощности к переменным.

Следовательно, если по расчету средняя квадратичная мощность за цикл работы электродвигателя - $P_{ск}$, и в каталоге имеются двигатели с заданного типа номинальной мощностью $P_{1н} > P_{ск}$ и $P_{2н} < P_{ск}$, то разность потерь мощности для этих двигателей при работе с мощностью $P_{ск}$

$$\delta \Delta P = \frac{P_{2н}(1-\eta_{2н})}{(1+\alpha)\eta_{2н}} \cdot \left[\left(\frac{P_{ск}}{P_{2н}} \right)^2 + \alpha \right] - \frac{P_{1н}(1-\eta_{1н})}{(1+\alpha)\eta_{1н}} \cdot \left[\left(\frac{P_{ск}}{P_{1н}} \right)^2 + \alpha \right]. \quad (6)$$

Так как двигатели одного типа и незначительно отличаются по мощности, то можно считать, что КПД в номинальном режиме у них равный и для современных двигателей коэффициент $\alpha < 1$. Откуда разность потерь при $P_{ск} > P_{2н}$ положительное число.

Определим величину срока службы электродвигателя, у которого $P_{2н} < P_{ск}$. Пусть согласно расчетов средние потери за расчетный цикл ΔP_{cp} , превышение температуры обмотки над допустимой определяются по выражению [3]

$$\Delta \tau = \tau_{дон} \left[\frac{1}{\Delta P_{cp}} \frac{(1-\eta_n)}{2\eta_n} \left(\frac{P_{ск}^2}{P_{2н}^2} + 1 \right) - 1 \right] \quad (7)$$

Согласно [3] срок службы изоляции при температуре $\tau + \tau \Delta$ определяется по выражению

$$Nc = Nc_n \exp \left(-B \frac{\Delta \tau}{\Delta \tau + \tau_{дон} + 273} \right), \quad (8)$$

где Nc_n - расчетный срок службы электродвигателя при номинальной нагрузке; B - безразмерный коэффициент, постоянный для материалов одного класса по температурной устойчивости.

Там же дается значение коэффициента B в зависимости от класса изоляции (см. табл. 1).

Подставляя полученное по (7) значения $\Delta \tau$ в (8) получаем относительный срок службы электродвигателя

$$\chi = \frac{Nc}{Nc_n} = \exp \left(-B \frac{\theta - 1}{\theta + 273} \right),$$

где $\theta = \tau_{дон} \cdot \left[\frac{1}{\Delta P_{cp}} \frac{(1-\eta_n)}{2\eta_n} \left(\frac{P_{ск}^2}{P_{2н}^2} + 1 \right) \right]$ - фактическое превышение температуры обмоток электродвигателя.

Таблица 1

Коэффициент B для изоляционных материалов разных классов

Класс изоляции	A	E	B	F	H
B	25,1	25,1	25,3	29,7	34,2

Таким образом, для выбранного электродвигателя, при его работе с небольшой перегрузкой по мощности, определяем фактические потери и коэффициент λ , учитывающий снижение срока службы электродвигателя по сравнению с работой при номинальной нагрузке.

Экономически целесообразным предложенный подход к выбору электродвигателя в рассматриваемом случае считаем тогда, когда приток средств за измененный срок службы электродвигателя позволит заменить работающий электродвигатель. Приток средств и инновационные вложения в данном варианте

$$P_o = \partial \Delta P C e T + \frac{(1 - K_{np}) C_{кВм} (P_{n1} - P_{n2})}{\chi N d}, \quad (10)$$

$$I_{n0} = 0$$

Для иллюстрации изложенного приведем пример оценки целесообразности выбора асинхронного электродвигателя, для расчетной нагрузки 100 кВт и синхронной скорости 750 об/мин по каталогам для асинхронных двигателей фирмы Marelli Motors. Данные двигателей ближайших по мощности к расчетной приведены в табл. 2.

Максимальный КПД соответствует номинальной нагрузке, поэтому $\alpha = 1$. Стоимость 1 кВт данного типа двигателей примем равной 600 грн.

Таблица 2

P_n , кВт	n_n , об/мин	U_n , В	η_n	$\eta_{0,75}$	M_n , Нм	$N_{сп}$, Лет	$C_{кВт}$, грн
90	735	400	0,944	0,943	1168	20	640
110	735	400	0,945	0,944	1428	20	640

Изменение срока службы при перегрузке электродвигателя и классе изоляции H ($\tau_{дон} = 180$) дано на рис. 2. Пусть средняя квадратичная нагрузка электродвигателя $P_{ск} = 95$ кВт. В соответствии с графиком на рис. 2 срок службы электродвигателя сократится примерно до 10 лет.

Потери мощности, рассчитанные по (6) для заданного значения $P_{ск}$, составят 0,16 кВт. Из-

менение величины NPV по годам дано на рис. 3, откуда следует, что средства в размере 54000 грн для замены электродвигателя накопятся за 7 лет эксплуатации, т.е. в данном случае выбор электродвигателя с небольшой перегрузкой целесообразен.

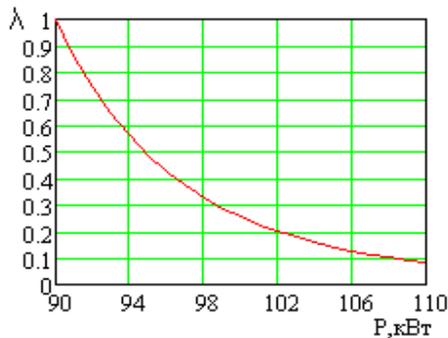


Рис. 2. Изменение срока службы электродвигателя по отношению к номинальному

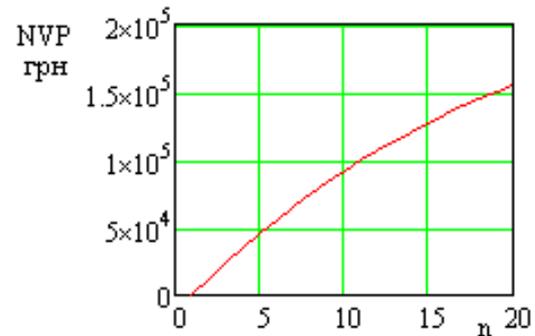


Рис. 3. Изменение величины NPV по годам

Выводы. Подход к выбору электродвигателя по номинальной мощности для привода механизмов, сложившийся в прошлом столетии в учебной литературе, в ряде вопросов требует дополнения с учетом изменения стоимости электроэнергии и подходов к оценке экономической целесообразности технических мероприятий.

Список литературы

1. Бан Д., Жарко Д., Мирчевски С. Современное состояние и тенденции повышения КПД электрических машин / Электротехника. - №1, 2012. - С. 14.
 2. Непомнящий Е.Г. Инвестиционное проектирование: Основные показатели эффективности инвестиционных проектов и методы их оценки, ТРТУ, 2003. - 262 с.
 3. Федоров М.М., Лужнев А.И., Боев А.Е. Оценка сроков службы изоляции электрических машин, Наукові праці Донецького національного технічного університету, №10(180), 2011. - С. 4.
- Рукопись поступила в редакцию 22.03.13

УДК 669.162

Т.П. ЯРОШ, В.В. ПЛОТНИКОВ, кандидаты техн. наук, доц.,
О.В. МАРАСАНОВА, ассистент, ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ДЕСУЛЬФУРАЦИИ ПИРИТНЫХ ОГАРКОВ ПРИ ИХ ОКУСКОВАНИИ

Приведен термодинамический анализ процессов с участием серосодержащих компонентов пиритных огарков при их окусковании.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. В химической, горнодобывающей, металлургической промышленности образуется большое количество твердых отходов. Одним из наиболее многотоннажных отходов химической промышленности является пиритный огарок, образующийся при производстве серной кислоты. К имеющимся запасам отвальных пиритных огарков ежегодно прибавляется несколько сотен тысяч тонн.

Вместе с тем пиритные огарки являются ценным комплексным сырьем, в котором, наряду с высоким содержанием железа (значение которого может приближаться к содержанию железа в отечественных агломератах), присутствуют такие примеси, как свинец, медь, цинк, кобальт, серебро и др. Основным препятствием для использования огарков в доменных плавках являются высокая степень измельчения, значительные содержания цветных металлов, что осложняет процесс доменной плавки и загрязняет его продукты, а также высокое содержание вредных примесей, что приводит к получению чугуна низкого качества.

Одновременно, под влиянием атмосферных осадков и климатических условий в накопленных в отвалах огарках происходят изменения химического и фазового составов минеральных составляющих и образование растворимых в водных средах соединений многих тяжелых, в том числе и высокотоксичных, металлов, которые оказывают пагубное влияние на окружающую среду. С одной стороны, накопленные пиритные огарки создают реальную угрозу загрязнения